doi:10.3969/j.issn.1674-3636.2012.01.60

庞西垌地区 ETM⁺ 数据蚀变信息提取

耿　欣[1]，王正海[1,2]，方　臣[1]，段建军[1]

(1. 中山大学地球科学系，广东　广州　510275；2. 广东省地质过程与矿产资源探查重点实验室，广东　广州　510275)

摘要：以庞西垌地区为研究区，根据金属矿化蚀变岩的光谱特征，选取 ETM⁺ 影像，采用主成分分析、波段比值、阈值分割等方法增强处理，提取矿化蚀变信息，结合研究区地质构造及成矿信息，圈定成矿远景区，为该区进一步找矿提供参考。

关键词：ETM⁺；蚀变信息；主成分分析；波段比值；庞西垌地区；粤桂

中图分类号：P715.7；TP274　　**文献标识码**：A　　**文章编号**：1674－3636(2012)01－0060－04

0　引　言

随着遥感技术在地学找矿领域的广泛应用，根据矿床热液蚀变产物反射光谱异常，通过对 ETM 数据图像处理，提取矿化蚀变信息，为金属矿床的勘查提供依据。近矿围岩蚀变是在热液成矿过程中，近矿围岩与热液相互作用，发生物质成分、结构和构造的改变。这些改变导致蚀变岩的反射光谱与正常围岩的反射光谱存在差异而形成特定的光谱波段，作为找矿的重要依据(龙晓君等，2010)。在遥感图像中，岩石蚀变表现为一种较弱的色调异常，需要经过一系列图像处理，将异常信息提取出来。简单的图像处理提取矿化信息有一定难度，针对找矿目标、地质背景和环境等特点，目前较为常用的提取方法有比值法、主成分分析法、光谱角法、彩色空间变换及克罗斯塔法等(赵元洪等，1991；李昌国等，1997)。

地质构造不仅是控矿因素，而且在成矿作用中占主导地位，围岩蚀变受断裂构造控制，研究构造成矿对找矿具有重要的指导意义(向美琳等，2010)。笔者利用 ETM⁺ 数据对庞西垌地区进行矿化蚀变信息提取与分析，针对 ETM⁺ 数据与蚀变矿物相关的波谱信息，采取主成分分析、波段比值、阈值分割、中值滤波的方法提取蚀变异常信息，综合研究区构造及成矿信息，圈定成矿远景区。

1　研究区地质概况

研究区位于粤西云开隆起区的南缘，属钦杭成矿带的南段，北东向信宜—廉江断褶带南段，为晚古生代以来的长期隆起区。研究区地层出露相对齐全，构造复杂，岩浆活动频繁。各种建造及地质现象发育良好。研究区出露地层主要有寒武纪黄洞口组、志留纪连滩组、泥盆纪杨溪组、老虎头组、信都组、东岗岭组、天子岭组、帽子峰组、石炭纪大寨坝组、白垩纪罗定组、第四纪洪积层。

研究区侵入岩广泛发育，占全区总面积的 3/5 左右，主要集中出露在调查区的中北部和西部，侵入岩主要有塘蓬岩体、英桥岩体、新安岩体、太平岩体等，主要为加里东、印支期、燕山期产物，呈岩基或岩株状产出，以及星散分布的花岗斑岩脉。研究区变质岩主要分布于测区东北—东南部，属于中晚元古代云开群的变质产物。

区域构造以断裂和褶皱为主，按方向可分为北东、北西及东西向 3 组。

(1) 北东向断层组。本组断层主要分布于研究区西北部和东南部，在全区断裂中占有重要地位，数量较多，规模也大。本组断层走向范围为 15°～60°。断裂的主题包括：庞西垌断裂、古城—沙铲断裂、塘蓬河断裂、山尾断裂、凤嶂断裂等，多数为逆断层。岩断

收稿日期：2012－01－05；编辑：陆李萍

基金项目：教育部博士点基金项目(20090171120018)；教育部高校基本科研业务费中山大学优秀青年教师培育计划项目(2010-32110-3161319)

作者简介：耿欣(1987—　)，硕士研究生，岩矿专业，E-mail：gengxin1205@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

层发育糜岩和糜棱岩化岩石以及断层角砾岩等。

(2) 北西向断层组。研究区内本组断裂主要分布在东南缘,规模较小,大多将北东向断裂切错而成阶梯状。主要有斜楼嶂断裂、上祖山断裂、鹤地断裂等,以逆断层为主。

(3) 东西向断层。研究区内东西向断层分布不多,位于南部,行迹较短。区域上,属于廉江—阳江区域性东西向构造带的西段。主要断裂有尖峰岭断裂和大社断裂等。沿断裂发育有压碎岩、碎裂岩。

该区矿种繁多,已勘探查明或正在开采利用的矿产有金矿、银矿、铁矿、铅锌矿、钨钼矿等。矿床类型主要有西边破碎带型金银矿,斑岩型钨钼矿。

2　数据处理

2.1　数据选取与预处理

根据现有资料,综合考虑遥感图像的空间分辨率及波谱特征,本次研究工作采用的遥感数据为美国陆地卫星 Landsat-7 的 ETM⁺多波段图像数据,成像时间为 2000 年 10 月 30 日,轨道号为 124/045。

不同波段反应不同的地物特征,波段选取时应遵循较好反应地质信息、波段间相关系数最小、波段组合的信息熵较高、合成的假彩色图像适于识别的原则。依照上述原则,结合研究对象的光谱特征,本次选取 ETM⁺7、4、1 波段进行红、绿、蓝彩色合成,具有兼容中红外、近红外及可见光波段信息的优势,图面色彩丰富,层次感好具有极为丰富的地质信息和地表信息环境。

2.2　蚀变信息提取

最常见的蚀变为褐铁矿化、黏土化、绢云母化、绿泥石化、碳酸盐化、硫酸盐化等,绝大多数成矿岩体中都存在铁染蚀变、含羟基类矿物和含 CO_3^{2-} 蚀变,提取这两种蚀变基本可以确定研究区成矿岩石的分布情况(张玉君等,1998)。

围岩蚀变形成的蚀变岩石与其周围的正常岩石在矿物种类、结构、颜色等方面都有差异,这些差异导致了岩石反射光谱特征的差异,并且在某些特定的光谱波段形成了特定蚀变岩石的光谱异常。这种特征正是利用遥感进行蚀变信息提取的物理基础,所有蚀变岩石矿物的光谱特征是遥感找矿异常提取的理论基础和根本依据(表 1)。

表 1　对岩石矿物在可见光—近红外区反射光谱特征起主导作用的离子和基因的重要吸收谱带

离子或基因	特征吸收波谱中心/μm	对应的 ETM 波段/μm	异常提取依据	典型矿物及分子式
三价铁离子 (Fe^{3+})	0.45 0.55 吸收较强 0.85 0.90 0.94	ETM1 (0.45~0.52) ETM2 (0.52~0.62) ETM4 (0.76~0.90)	ETM3 (0.63~0.69 μm) 亮度值偏高,而 ETM1、ETM2、ETM4 亮度值偏低	赤铁矿 Fe_2O_3 针铁矿 $FeO(OH)$ 黄钾铁矾 $KFe_3[(OH)_6(SO_4)_2]$
羟基(OH^-) (Al—OH) (Mg—OH)	2.20 2.30	ETM7(2.08~2.35)	ETM5 (1.55~1.75 μm) 亮度值高于 ETM7 亮度值	高岭石 $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ 叶蜡石 $Al_2[Si_4O_{10}](OH)_2$ 白云母 $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ 滑石 $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$ 蛇纹石 $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$
碳酸根离子 (CO_3^{2-})	1.90 2.00 2.16 2.35 2.55	ETM7(2.08~2.35)	在 ETM7 呈吸收谷	方解石 $CaCO_3$ 白云石 $CaMg[CO_3]_2$

注: 据张玉君等,2002

2.2.1　铁染蚀变信息提取　铁染蚀变岩类的特征光谱集中在 ETM1—ETM4 波段,在 ETM1—ETM3 波段反射率曲线上升梯度较大,在 ETM1(0.45~0.52 μm) 和 ETM4(0.76~0.90 μm) 波段上有明显的吸收谷,在 ETM3(0.63~0.69 μm) 波段无特征吸收而呈现相对较高的反射峰。故选取 ETM1、ETM3、ETM4、ETM5 4 个波段进行主成分分析,根据铁染主分量判断准则,提取与 ETM1 波段呈正相关、与 ETM3 呈负相关的主分量 PC4。

针对铁染蚀变岩类的光谱特征,用具有反射峰

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 2 ETM1、3、4、5 波段主成分分析特征向量表

	波段 5	波段 4	波段 1	波段 3
PC1	-0.909 055	-0.321 071	-0.141 293	-0.224 876
PC2	-0.191 223	0.887 511	-0.244 838	-0.340 312
PC3	0.368 399	-0.330 222	-0.553 435	-0.670 034
PC4	-0.036 535	0.013 817	-0.783 454	0.620 221

的 ETM3、ETM5 与具有吸收谷的 ETM1 和 ETM4 波段分别进行比值，增强铁染矿物波谱特征，抑制其他干扰信息。再对 ETM3/ETM1、ETM5/ETM4、PC4 进行彩色合成，彩色空间变换，中值滤波，阈值分割（冯雨林等，2008），提取铁染蚀变信息。

2.2.2 含羟基类矿物和含 CO_3^{2-} 蚀变信息提取

黏土类矿物和含 CO_3^{2-} 矿物的光谱特征信息集中在 ETM5 和 ETM7 波段，在 ETM5（1.55～1.75 μm）波段存在较高的反射率，在 ETM7（2.09～2.35 μm）波段上有一个较强的吸收带。故选取 ETM1、ETM4、ETM5、ETM7 4 个波段做主成分分析，提取 ETM5 和 ETM7 符号相反且绝对值大的主分量 PC4（陈建平等，2009）。

表 3 ETM1、4、5、7 波段主成分分析特征向量表

	波段 7	波段 5	波段 4	波段 1
PC1	0.421 446	0.846 915	0.298 046	0.127 621
PC2	0.340 763	0.116 889	-0.907 139	0.217 523
PC3	0.293 018	-0.366 025	0.264 953	0.842 595
PC4	0.787 657	-0.367 556	0.134 415	-0.475 847

针对含羟基和含 CO_3^{2-} 矿物光谱特征，用具有反射峰的 ETM5 与存在吸收谷的 ETM7 波段进行比值，增强含羟基和含 CO_3^{2-} 矿物蚀变信息，同时利用 ETM3/ETM4 抑制植被信息。再对 ETM5/ETM7、ETM3/ETM4、PC4 进行彩色合成、彩色空间变换、中值滤波、阈值分割、提取含羟基和含 CO_3^{2-} 矿物蚀变信息。

3 综合分析

依据本次研究获取的铁染蚀变、羟基蚀变，结合研究区构造、成矿、地层等信息进行综合分析，剔除伪异常。从蚀变信息图像上可以发现，蚀变异常分布总体上受构造控制，常出现在区域性大断裂与次级断裂的交汇处，这类地段是热液矿床产出的有利部位。在整个研究区中铁染蚀变分布较为分散。在研究区东北部古城镇附近，铁染异常分布面积大且较为集中，并且分布在北东向的古城—沙铲断裂带上；西南部断裂交错，北东向和北西向断裂相互切割，大的环形构造表明其下有较大的岩体，此处铁染异常较为明显，是比较理想的成矿远景区。沿研究区西北部的庞西垌断裂带有明显的蚀变异常，并且沿断裂带分布有典型的银金矿床，由此可以证明遥感异常找矿的可靠性。金矿化带的展布与矿化蚀变信息、断裂构造相吻合。其中，金山银金矿床处铁染异常和羟基蚀变异常较为明显和集中，并且处于北东向的庞西垌断裂带上；金山银金矿床、金岭—丰田尾金矿点的蚀变信息较密集，此处北西向和北东向的断裂交互切割，为成矿提供了良好的地质条件。据此，圈定研究区北部 1 处及西南部 3 处成矿远景区（图 1），针对北部 1 号远景区进行实地查证，确定 1 号远景区有钛铁矿存在。

4 结 论

本次研究工作表明，遥感在地质找矿工作中具有一定的指导性和优越性，尤其是在地质工作程度较低或景观障碍的区域。尽管目前使用的 TM、ETM 数据波段较宽，图像异常错综复杂，给遥感找矿的信息处理带来了很多麻烦，但通过各种处理技术如主成分分析法、波段比值法以及其他方法的组合，选择合理有效的信息处理流程，结合成矿区的构造等信息，用遥感找矿异常信息提取重要成矿区带是可行的。但是，目前也存在一些问题需要进一步的研究和探索，主要表现在如下几个方面。

（1）对于岩石裸露少，植被覆盖多的地区，羟基异常信息提取的方法还有待于进一步讨论，减少植被信息的干扰。（2）用于遥感找矿异常提取的处理方法很多，但在进行大面积区域性遥感异常提取工作中，某些技术方法或技术方法的组合还需要进一步研究。（3）由于不同区域的地形、地貌、地质背景等存在差异，用遥感找矿异常信息提取时需要针对不同地区的特征进行方法的选取，压抑各种干扰信息。（4）针对大区域遥感找矿异常提取涉及的遥感影像间的背景差异，研究、建立一套遥感找矿异常与背景划分的量化标准和方法。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

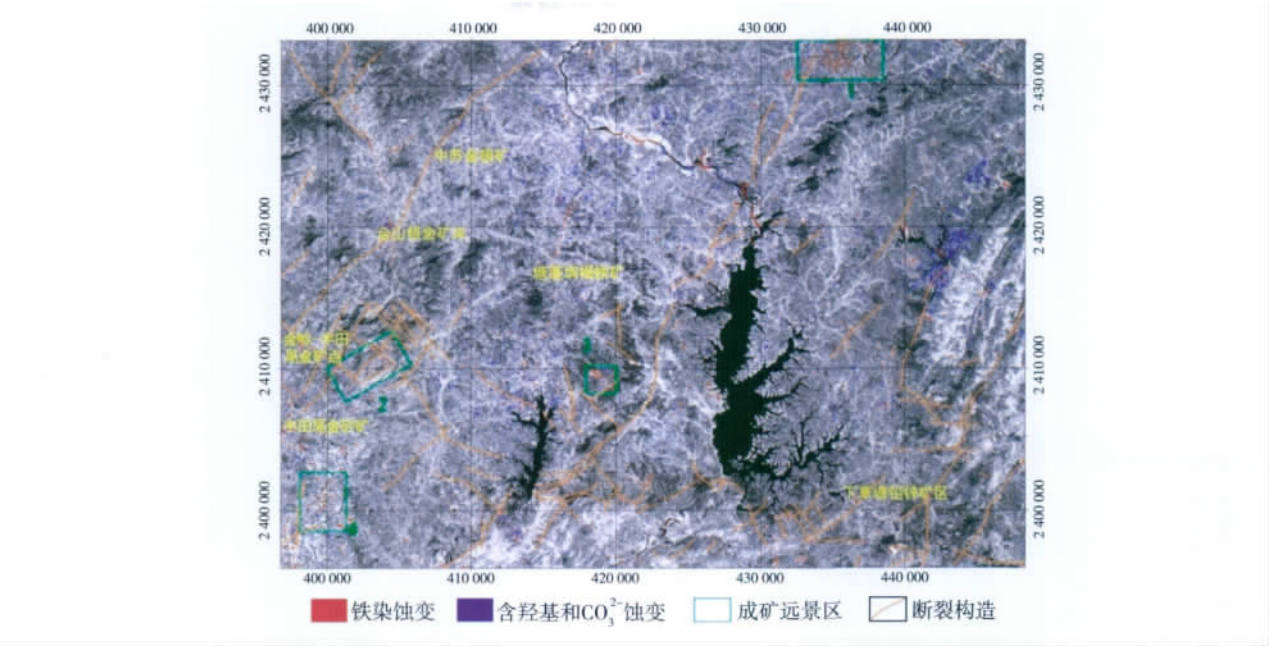

图 1　成矿远景区图

参考文献:

陈建平,王倩,董庆吉,等. 2009. 青海沱沱河地区遥感蚀变信息提取 [J]. 地球科学: 中国地质大学学报,34(2):314-318.

冯雨林,时建民,杨利军. 2008. ETM⁺ 遥感影像矿化蚀变信息的提取与找矿实践 [J]. 地质与资源,17(1):69-72.

李昌国,张玉君. 1997. 试用主分量分析方法提取澜沧江兰坪地区铜矿化蚀变遥感信息 [J]. 国土资源遥感,(1):20-30.

龙晓君,何政伟,刘严松,等. 2010. 西藏羌多地区遥感蚀变与构造信息提取及成矿预测 [J]. 国土资源遥感,(2):63-67,72.

向美琳,陈建国,刘祥旭. 2010. 乌拉山地区遥感蚀变信息提取研究 [J]. 地质学刊,34(1):28-32.

杨金中,方洪宾,张玉君,等. 2003. 中国西部重要成矿带遥感找矿异常提取的方法研究 [J]. 国土资源遥感,(3):50-53.

赵元洪,张福祥. 1991. 波段比值的主成分复合在热液蚀变信息提取中的应用 [J]. 国土资源遥感,(3):12-17,66.

张玉君,杨建民. 1998. 基岩裸露区蚀变岩遥感信息的提取方法 [J]. 国土资源遥感,(2):46-53.

张玉君,杨建民,陈薇. 2002. ETM⁺(TM) 蚀变遥感异常提取方法研究与应用——地质依据和波谱前提 [J]. 国土资源遥感,(4):30-36,82.

Extraction of ETM⁺ data alteration information in Pangxidong area

GENG Xin[1], WANG Zheng-hai[1,2], FANG Chen[1], DUAN Jian-jun[1]

(1. Department of Earth Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China; 2. Guangdong Provincial Key Laboratory of Geological Processes and Mineral Resources Exploration, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Pangxidong area was chosen as the study area, according to the spectral characteristics of the altered rocks, based on ETM⁺ remote sensing data, enhanced processing methods were used such as principal component analysis, band radio and density separation to extract alteration information. Geological data were integrated with the result of remote sensing image processing to delineate prospecting targets and provide reference for further exploration.

Keywords: ETM⁺; Alteration information; Principal component analysis; Band ratio; Pangxidong area; Guangdong and Guangxi

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net